

PAT-NO: JP401282454A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 01282454 A

TITLE: DETECTION OF DEFECT AND DETERIORATION  
FOR COMPOSITE  
MATERIAL

PUBN-DATE: November 14, 1989

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
MORIYA, KAZUMASA

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
MORIYA KAZUMASA N/A

APPL-NO: JP63111564

APPL-DATE: May 10, 1988

INT-CL (IPC): G01N025/72

US-CL-CURRENT: 374/45, 374/137

ABSTRACT:

PURPOSE: To enable highly accurate detection of a defect contained in a

composite material using conducting raw material for a dispersion layer or a matrix layer, by running current to an object to be inspected to generate heat by current.

CONSTITUTION: Current flows to an object 1 to be inspected having a through cracking 5 through current electrodes 3 and 3' from a power source 2 to measure a temperature distribution of the surface of the object by a coating with a liquid crystal and a temperature measurement with a scan type infrared radiation thermometer or the like and the presence of a defect and a shape, position and the like thereof is determined from the temperature distribution.

When there is no defect in the object, a uniform temperature distribution is obtained even under electric energization. When a through cracking 5 exists, a contour in Fig. 2 and a temperature distribution is obtained and as shown by a hatching pattern when a defect as internal pit exists, a temperature distribution as shown by Fig. 3 is obtained. This enable non-destructive detection of a defect contained in a composite material and degrading or the like of material characteristic.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-282454

⑤Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成1年(1989)11月14日

G 01 N 25/72

K-8204-2G

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全3頁)

⑭発明の名称 複合材の欠陥、劣化の検出法

⑯特 願 昭63-111564

⑰出 願 昭63(1988)5月10日

⑱発明者 守屋 一 政 神奈川県横須賀市久里浜台1丁目3番地3号

⑲出願人 守屋 一 政 神奈川県横須賀市久里浜台1丁目3番地3号

## 明 細 書

1. 発明の名称 複合材の欠陥、劣化の検出法

2. 特許請求の範囲

複合材に電流を流し、電流による発熱を利用して、材料中に含まれるボイド、剝離、き裂、繊維の片寄り、繊維配向の不均一等の欠陥、材料特性の劣化等を測定する方法。

3. 発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

この発明は、複合材に関するものである。

## 従来の技術

複合材中の欠陥および複合材の材料特性の劣化の非破壊検査法としては、超音波、音波、振動、音響放射(AE)、誘電率、マイクロ波、赤外線、可視光線、放射線を利用する方法があるのみである。

## 発明が解決しようとする問題点

複合材は繊維とマトリクスからなる基本的に不均質な材料で、内材するき裂、ボイド、剝離等の欠陥が、信頼性設計、品質管理の面で大きな問題

となる。しかも、複合材はその成形過程において、構成材料と製品形態の大部分を同時に作ってしまうため、成形された完成品について、欠陥の検出を行わなければならない。このため、製品から試験片を切り出さない検査法、即ち、非破壊検査法を用いる必要がある。均質な金属材料の非破壊欠陥検出法として用いられてきた従来の電気ポテンシャル法は、複合材では材料の不均質性の故に、電極が分散相に接する場合、マトリクス相に接する場合とで接触抵抗が異なり、測定値がばらついてポテンシャル値の正確な測定が難しく、適用が困難である。本発明は、この問題を解決し、分散相ないしマトリクス層に導電性のある素材を使用した複合材について簡単廉価で、且つ精度の高い非破壊検査法、材料特性の劣化の定量的計測法を提供するものである。

## 問題点を解決するための手段

電圧電極を用いて、電気ポテンシャル値を直接測定するかわりに、検査対象物に電流を流して電流による発熱を生じさせ、温度分布ないし発熱部

の変化から欠陥を検出する。

#### 作 用

導電性を有する複合材に電流を流すと熱を発生する。材料中の任意の点における単位時間、単位体積あたりの発熱量  $\partial q / \partial t$  はその点の電気ポテンシャルの勾配の2乗の関数で

$$\begin{aligned} \partial q / \partial t = & \\ & \kappa_x (\partial \phi / \partial x)^2 + \kappa_y (\partial \phi / \partial y)^2 \\ & + \kappa_z (\partial \phi / \partial z)^2 \end{aligned}$$

で与えられる。ここに  $\phi$  は電気ポテンシャル、 $\kappa_x$ 、 $\kappa_y$ 、 $\kappa_z$  はそれぞれ、材料の  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向の導電率を表す。

一方、材料中の電気ポテンシャルの分布は準調和方程式

$$\begin{aligned} \partial / \partial x (\kappa_x \partial \phi / \partial x) & \\ + \partial / \partial y (\kappa_y \partial \phi / \partial y) & \\ + \partial / \partial z (\kappa_z \partial \phi / \partial z) = 0 \end{aligned}$$

で与えられる。き裂先端では電気ポテンシャル  $\phi$  の勾配は特異、即ち

$$\kappa \cdot \nabla \phi = 0 \quad (r \rightarrow 0)$$

単位体積あたりの発熱量を表す。き裂先端近傍のように電気ポテンシャルの勾配が大で、単位時間あたりの発熱量  $\partial q / \partial t$  が大きな箇所では他の点に比べて温度が上昇する。一方、欠陥が全くない場合には一様な温度分布が得られる。従って、検査対象物に電流を流し、温度分布を測定すれば、その分布の不均一性から、き裂、剥離、ボイド、繊維の破断、片寄り、繊維配向の乱れ等の欠陥の有無を判定し、大きさ、形状等を推定することができる。また、分散相が微粒子化されて、等方性均質材料とみなすことのできるような複合材に対しても、発熱量が電気ポテンシャルの勾配の2乗に比例することを考えると、電流による発熱に基づく温度分布を測定する方が、電気ポテンシャルの分布を直接測定するよりも、はるかに高い感度の欠陥検出が可能である。

#### 実 施 例

第1図において、貫通き裂(5)を有する検査対象物(1)に電源(2)から電流電極(3)、(3')を介して電流を流し、液晶の塗布、定査型の赤外線放射温度

となり、 $r \rightarrow 0$ では勾配は理論上、無限大に発散する。ここに  $\kappa$  は  $\kappa_x$ 、 $\kappa_y$ 、 $\kappa_z$  を成分とするベクトル、 $a$  は複合材の種類によって定まる正の実数、 $r$  はき裂先端からの距離である。き裂先端近傍では電気ポテンシャルの勾配が理論上、無限大となるため、き裂のない箇所に比べてきわめて大きな発熱を生じ、 $\partial q / \partial t$  が増大する。又、円孔、ボイド、剥離、繊維の破断、片寄り、繊維配向の乱れ等の欠陥がある場合にもその近傍では電気ポテンシャルの分布が不均一となり、発熱量  $\partial q / \partial t$  が増大する。

複合材の温度は

$$\begin{aligned} \rho c \partial \phi / \partial t = & \\ \partial / \partial x (\kappa_x \partial \phi / \partial x) & \\ + \partial / \partial y (\kappa_y \partial \phi / \partial y) & \\ + \partial / \partial z (\kappa_z \partial \phi / \partial z) & \\ + \partial q / \partial t \end{aligned}$$

で与えられる。ここに  $t$  は時間、 $\phi$  は温度、 $\rho$  は密度、 $c$  は比熱、 $\kappa_x$ 、 $\kappa_y$ 、 $\kappa_z$  はそれぞれ、 $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向の熱伝導率、 $q = q(x, y, z)$  は

計等の温度計測法によって対象物表面の温度分布を測定し、温度分布から欠陥の有無、形状、位置等を求める。検査対象物に欠陥が全くない場合には通電しても一様な温度分布が得られる。貫通き裂がある場合には第2図の等高線とハッチングパターンで示すような温度分布が得られ、円孔状の欠陥がある場合には第3図のような温度分布が得られる。

#### 発 明 の 効 果

この発明は、複合材中に含まれるボイド、剥離、き裂、繊維の片寄り、繊維配向の不均一等の欠陥、材料特性の劣化等を非破壊的に検出し、複合材に対する信頼性を向上させるものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例を示す斜視図

第2図は、中央に貫通き裂を有する複合材平板に本発明を適用した場合の温度分布の一例を示す正面図

第3図は、中央に円孔状の欠陥を有する複合材平板に本発明を適用した場合の温度分布の一例を

示す正面図

- (1)は検査対象物
- (2)は電源
- (3)および(3')は電流電極
- (4)は導線
- (5)はき裂
- (6)は円孔

特許出願人 守屋 一 政

